

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2021.04.007

8 种杀虫剂对槟榔红脉穗螟的毒力测定 及混配比例的筛选^①

潘润东, 刘向蕊, 李培征

海南大学 植物保护学院, 海口 570228

摘 要: 筛选能有效防治为害槟榔的红脉穗螟(*Tirathaba rufivena*)的药剂并明确其混配比例, 对实现害虫防治中农药减施增效, 降低田间农药残留和延缓害虫抗药性有重要意义, 在室内测定了 8 种药剂(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、高效氯氟菊酯、茚虫威、杀虫单、噻虫胺、甲基嘧啶磷和吡虫啉)对红脉穗螟二龄幼虫的毒力。试验结果看出, 效果最好的两种药剂是甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(LC₅₀ 值为 0.54 mg/L)和氯虫苯甲酰胺(LC₅₀ 值为 1.34 mg/L), 基于此, 对这两种药剂进行了混配, 测定了联合毒力并筛选了合适的配比。结果表明, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺在不同的混配比例下表现出相加或增效作用, 其中以质量比 1:3 混配时的增效作用最为显著, LC₅₀ 值为 0.70 mg/L, 共毒系数 CTC 为 139.68。研究结果可为在槟榔上开展红脉穗螟的化学防治提供参考。

关键词: 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐; 氯虫苯甲酰胺; 红脉穗螟; 生物测定

中图分类号: S433.4

文献标志码: A

文章编号: 1007-1067(2021)04-0031-05

Bioassay of 8 Insecticides Against *Tirathaba rufivena* and Synergy Test of Different Mixtures of the Two Best Ones

PAN Rundong, LIU Xiangrui, LI Peizheng

College of Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China

Abstract: *Tirathaba rufivena* is a serious pest on *Areca catechu*. This study aims to evaluate effective insecticides and synergy effect of the best mixture for controlling this pest. It is important to reduce the application and increase the efficiency of insecticides, reduce insecticide residue, and delay the development of drug resistance in the pest. In an experiment reported herein, the toxicities of 8 insecticides (emamectin benzoate, chlorantraniliprole, beta cypermethrin, indoxacarb, monosultap, thiamethoxam, pirimiphos-methyl and imidacloprid) against the *T. rufivena* were tested through bioassay. The results showed that emamectin benzoate (LC₅₀: 0.54mg/L) and chlorantraniliprole (LC₅₀: 1.34 mg/L) were the best choices. Then, the synergy effect of different mixtures of the two was tested. Emamectin benzoate and chlorantraniliprole showed additive or synergistic effects at different mixing ratios, and the mixture with a mass ratio

① 收稿日期: 2021-07-06

基金项目: 海南省重大科技项目(ZDKJ201817-23)。

作者简介: 潘润东, 硕士研究生, 主要从事于农药残留与减施技术, E-mail: 1445414809@qq.com

通讯作者: 李培征, 博士, 讲师, 主要从事于农药残留与减施技术, E-mail: 13756124@qq.com

of 1 : 3 had the most significant synergistic effect. Its LC_{50} was 0.70 mg/L, and CTC was 139.68, which could be used as the best formula.

Key words: emamectin benzoate; chlorantraniliprole; *Tirathaba rufivena*; toxicity

槟榔(*Areca catechu*)属棕榈科槟榔属常绿乔木,在亚洲热带地区广泛栽培,原产于马来西亚,在中国主要分布于广东、云南、海南及台湾等地区,是我国热带地区重要的经济作物. 槟榔果也被列为“四大南药”之首,其果皮和种子均可入药,药理活性广泛. 前人研究发现槟榔果含有生物碱、鞣质、黄酮、萜类等多种化学成分,具有促消化、降血压、祛痰、抗炎、抗寄生虫和抑菌等活性^[1-6]. 据海南省统计局数据显示,2019 年海南的槟榔产量达 28.92 万 t,是海南省热带作物产业中仅次于橡胶的第二大支柱产业,已经成为海南省东部、中部和南部山区 200 多万农户的主要经济来源之一^[7]. 红脉穗螟(*Tirathaba rufivena*)属鳞翅目,螟蛾科,是槟榔的重要害虫之一,在海南省槟榔种植区全年均可发生,为害槟榔的花和果实. 红脉穗螟成虫于槟榔花苞片未展开前,在花苞基部缝隙或伤口处产卵,初孵幼虫蛀入花穗,幼虫常在苞片未展开前就将花穗蛀食一空,仅留发黑的花穗梗以及大量虫粪和啮屑^[8]. 在开花期和果期,幼虫也能取食花瓣和蛀食果实,使花穗受损,果实脱落,导致产量减低. 在缺少食料的情况下,幼虫还可受害质地较嫩的心叶,导致植株生长停滞,发黑腐烂,甚至死亡^[9]. 目前,生产上主要采用化学农药防控红脉穗螟,如甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺作为市场上较为常见的药剂被农户广泛使用. 杀虫剂混配可以利用不同药剂的作用机制攻击害虫的不同靶标部位,从而起到提高防治效果的作用. 氰戊菊酯与吡虫啉按质量比为 3 : 2 混配时,对桃蚜(*Myzus persicae*)的增效作用最显著,共毒系数达 276.82^[10];印楝素和啉虫脒按质量分数为 2 : 5 混配后对椰心叶甲(*Brontispa longissima*)的共毒系数为 492.23,增效明显^[11];阿维菌素和高效氯氰菊酯以质量比为 5 : 1 混配时,对红脉穗螟的共毒系数达 259.07,表现出显著的增效作用^[12]. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与氯虫苯甲酰胺是作用机制不同的 2 种杀虫剂,常被用来防治红脉穗螟,但是 2 种药剂混配的增效作用如何尚不明确. 本试验测定了甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等 8 种杀虫剂对红脉穗螟的室内毒力,同时对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺 2 种杀虫剂进行不同比例的混配,测定其对红脉穗螟的联合毒力,筛选出最佳配方,以期为槟榔上红脉穗螟的防治提供理论参考.

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

于 2020 年 4 月中旬从海南省琼中县湾岭镇槟榔园采集红脉穗螟老熟幼虫,在室内用人工饲料饲养 1 代,挑取刚进入二龄的红脉穗螟幼虫作为室内毒力测定试虫.

1.2 试验药剂

96%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐,由山东潍坊润丰化工股份有限公司提供;95.3%氯虫苯甲酰胺原药,由美国富美实公司提供;97%高效氯氰菊酯原药,由江苏优嘉植物保护有限公司提供;95%茚虫威原药,由江苏省南通施壮化工有限公司提供;95%杀虫单原药,由安徽华星化工有限公司提供;98%噻虫胺原药,由山东省联合农药工业有限公司提供;90%甲基嘧啶磷原药,由一帆生物科技集团有限公司提供;98%吡虫啉原药,由浙江泰达作物科技有限公司提供;丙酮、吐温-80,由南京建成生物科技有限公司提供.

1.3 仪器设备

试验用仪器设备主要有电子天平(0.1 mg)、移液器、烧杯、量筒、生化培养箱等.

1.4 试验方法

1.4.1 试验处理

本研究对 8 种药剂进行了毒力测定,在计算出 LC_{50} 值后,选择毒力最高的 2 种药剂按 5 种配比测定共毒系数.

采用人工饲料混药法进行杀虫剂的室内毒力测定. 首先,分别将供试药剂用丙酮配制成母液,用 0.1%吐温-80 稀释成 5 个浓度,并以含 0.1%吐温-80 的清水作为空白对照. 将适量稀释好的药液均匀混入制作好

的人工饲料中,趁热分别倒入12孔板冷却备用.冷却后,每孔接入1头饥饿12 h的2龄红脉穗螟幼虫,每个处理重复4次,每个重复60头.放入温度 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度60%~80%、光照L:D=16:8的人工气候箱内饲养和观察.72 h后,以镊子轻触虫体,幼虫不能正常爬行者视为死亡,并记录死亡虫数.

1.4.2 调查方法和数据分析

死亡率、校正死亡率计算方法.根据处理组和对照组的死虫数和总虫数,计算死亡率和校正死亡率.

$$P_1 = \frac{K}{N} \times 100\%$$

式中: P_1 表示死亡率, K 表示死亡虫数, N 表示处理总虫数.

$$P_2 = \frac{P_t - P_0}{1 - P_0} \times 100\%$$

式中: P_2 表示校正死亡率, P_t 表示处理死亡率, P_0 表示空白对照死亡率.

LC_{50} 值的计算方法.对所调查的数据使用Microsoft Excel 2018进行处理,将校正死亡率转换为机率值后,采用DPS处理系统进行分析,得出每种药剂的毒力回归方程和 LC_{50} 值.

共毒系数计算方法.参照Sun等^[13]的方法计算共毒系数,以单剂(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐)作标准对照药剂,标准杀虫剂A(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐)的毒力指数设置为100.

$$\text{杀虫剂 B(氯虫苯甲酰胺)的毒力指数} = \frac{\text{标准杀虫剂 A 的 } \text{LC}_{50}}{\text{杀虫剂 B 的 } \text{LC}_{50}} \times 100$$

$$\text{混剂的实测毒力指数(ATI)} = \frac{\text{标准杀虫剂 A 的 } \text{LC}_{50}}{\text{混剂的 } \text{LC}_{50}} \times 100$$

混剂的理论毒力指数(TTI)=A药剂毒力指数×A在混剂中的含量(%) + B药剂的毒力指数×B在混剂中的含量(%)

$$\text{混剂的共毒指数(CTC)} = \frac{\text{混剂的实测毒力指数(ATI)}}{\text{混剂的理论毒力指数(TTI)}} \times 100$$

若混剂的共毒系数 CTC 大于120,表明有增效作用; CTC 低于80,表明有拮抗作用; CTC 为80~120,则表现为相加作用.

2 结果与分析

室内毒力测定结果表明,8种杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、高效氯氰菊酯、茚虫威、杀虫单、噻虫胺、甲基嘧啶磷和吡虫啉对红脉穗螟的 LC_{50} 值分别为0.54,1.34,5.21,1.52,2.44,3.56,3.82和5.86 mg/L.可以看出,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对红脉穗螟的杀虫作用最强,氯虫苯甲酰胺次之(表1).基于此,试验对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺进行混配,按照5种配比,即甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺分别按1:5,1:4,1:3,1:2和1:1的比例(含量换算后的质量比例)混配.结果表明,5种混配比例对红脉穗螟的 LC_{50} 值分别为0.92,0.87,0.70,0.74和0.68 mg/L,共毒系数(CTC)分别为116.82,118.82,139.68,121.21和113.20,表现出增效作用或相加作用,其中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐:氯虫苯甲酰胺质量比为1:3时增效作用最明显(表2).

表 1 8 种杀虫剂对红脉穗螟的室内毒力测定结果

药剂名称	毒力回归方程 ($y=a+bx$)	相关系数 (r)	LC ₅₀ 值/ mg · L ⁻¹	LC ₅₀ 95%置信限 /mg · L ⁻¹
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	$y=5.97+3.61x$	0.997 2	0.54	0.51~0.57
氯虫苯甲酰胺	$y=4.45+4.25x$	0.991 5	1.34	1.27~1.42
高效氯氰菊酯	$y=3.42+2.21x$	0.991 5	5.21	4.82~5.63
茚虫威	$y=4.66+1.88x$	0.991 1	1.52	1.39~1.67
杀虫单	$y=4.15+2.19x$	0.996 2	2.44	2.26~2.64
噻虫胺	$y=3.69+2.38x$	0.994 1	3.56	3.25~3.90
甲基嘧啶磷	$y=3.72+2.20x$	0.992 7	3.82	3.49~4.18
吡虫啉	$y=3.47+1.99x$	0.995 7	5.86	5.37~6.40

表 2 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺混配对红脉穗螟的室内毒力测定结果

混配药剂	毒力回归方程 ($y=a+bx$)	相关系数 (r)	LC ₅₀ 值/ mg · L ⁻¹	LC ₅₀ 95%置信限 /mg · L ⁻¹	毒力指数 (ATI)	共毒系数 (CTC)
甲维盐：氯虫=1：5	$y=5.13+3.60x$	0.987 8	0.92	0.87~0.98	58.70	116.82
甲维盐：氯虫=1：4	$y=5.28+4.61x$	0.996 2	0.87	0.83~0.91	62.07	118.82
甲维盐：氯虫=1：3	$y=5.67+4.36x$	0.992 5	0.70	0.66~0.74	77.14	139.68
甲维盐：氯虫=1：2	$y=5.50+3.81x$	0.997 7	0.74	0.70~0.78	72.97	121.21
甲维盐：氯虫=1：1	$y=5.69+4.17x$	0.987 9	0.68	0.64~0.72	79.41	113.20

注：甲维盐指甲氨基阿维菌素苯甲酸盐，氯虫指氯虫苯甲酰胺。

3 结论与讨论

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐是从发酵产品阿维菌素 B1 开始合成的一种新型高效半合成抗生素杀虫剂，当害虫接触药剂后，大量氯离子进入害虫神经细胞，使细胞功能丧失并扰乱神经传导，发生不可逆的麻痹，2~3 d 即可达到最高致死率^[14]；该药剂具有高效、低毒(制剂近无毒)、低残留、无公害等生物农药的特点^[15]，且杀虫作用机理独特，害虫不易产生抗药性，能够有效防控对其他药剂已产生抗药性的害虫^[16]；该药已经广泛用于蔬菜、果树、棉花等农作物上多种害虫的防治^[17-18]。氯虫苯甲酰胺是一种高效广谱的杀虫剂，对鳞翅目夜蛾科、螟蛾科等害虫均有很好的控制效果^[19-20]；由于氯虫苯甲酰胺具有与其他杀虫剂不同的杀虫机制，能高效激活昆虫肌肉，过度释放细胞内钙库中的钙离子，导致昆虫瘫痪死亡，尤其对鳞翅目害虫的幼虫杀虫活性高，且杀虫谱广^[21-22]，持效性好^[23-24]。

现阶段，防治槟榔上的红脉穗螟仍以化学防治为主，但化学防治药剂品种较单一，长期施用同一杀虫剂易使害虫产生抗药性，甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺属于不同类型的杀虫剂，对害虫的作用靶标不同，而将不同作用机制的农药混配使用可以有效降低化学农药使用量和延缓害虫抗药性的产生。本研究表明，8 种杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、高效氯氰菊酯、茚虫威、杀虫单、噻虫胺、甲基嘧啶磷和吡虫啉对红脉穗螟均表现出较高的杀虫活性，其中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与氯虫苯甲酰胺对红脉穗螟毒力有较好的协同作用，在以质量比为 1：5，1：4，1：3，1：2 和 1：1 比例混配时，对红脉穗螟的联合毒力表现为相加或增效作用，其中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐：氯虫苯甲酰胺质量比为 1：3 时增效作用最为明显。

本研究仅局限于室内毒力测定，试验条件是稳定不变的，对于相应药剂及其混配后在田间对红脉穗螟的具体防效还需进一步开展田间药效试验进行验证。以室内试验数据为基础，在实际应用中还需要考虑田间环境因子如温度、湿度和光照条件等对农药的洒施、害虫的接触、农药的自然降解等方面因素的影响，对实际使用方案进行优化，以便更好地为农药混配提供科学依据。

参考文献:

- [1] 黄玉林,王 铭,张欣英,等. 槟榔果中活性物质的研究进展 [J]. 农产品加工(学刊), 2007(7): 16-18.
- [2] 祁 静,黄玉林,陈卫军,等. 槟榔酚类物质生理活性研究进展 [J]. 热带作物学报, 2010, 31(6): 1050-1055.
- [3] 于同月,徐坤元,马 将. 槟榔的临床应用及其用量探究 [J]. 长春中医药大学学报, 2021, 37(2): 274-277.
- [4] CAWTE J. Psychoactive Substances of the South Seas: Betel, Kava and Pituri [J]. Australian and New Zealand Journal of Psychiatry, 1985, 19(1): 83-87.
- [5] KATIYAR S, HEDAU S, JAIN N, et al. P53 Gene Mutation and Human Papillomavirus (HPV) Infection in Esophageal Carcinoma from Three Different Endemic Geographic Regions of India [J]. Cancer Letters, 2005, 218(1): 69-79.
- [6] BRATT A M, KELLY M E, DOMENEY A M, et al. Acute and Chronic Arecoline: Effects on a Scopolamine-Induced Deficit in Complex Maze Learning [J]. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 1996, 53(3): 713-721.
- [7] 叶育才. 海南槟榔产业可持续发展思路 [J]. 中国热带农业, 2007(3): 12-13.
- [8] 杨光融,林延谋,符悦冠. 槟榔红脉穗螟的生物学特性 [J]. 热带作物学报, 1986, 7(2): 107-110.
- [9] 樊 瑛,甘炳春,陈思亮,等. 槟榔红脉穗螟的生物学特性及其防治 [J]. 昆虫知识, 1991, 28(3): 146-148.
- [10] 常 静,张 薇,李海平,等. 吡虫啉与三种拟除虫菊酯杀虫剂对马铃薯桃蚜的联合毒力 [J]. 植物保护, 2016, 42(6): 225-228.
- [11] 吕朝军,钟宝珠,孙晓东,等. 印楝素与啉虫脒对椰心叶甲生物活性及混配增效作用 [J]. 江西农业学报, 2011, 23(2): 99-101.
- [12] 钟宝珠,冯焕德,张中润,等. 阿维菌素和高效氯氰菊酯混配对红脉穗螟的增效作用 [J]. 生物安全学报, 2017, 26(4): 323-326.
- [13] SUN Y P, JOHNSON E R. Analysis of Joint Action of Insecticides Against House Flies [J]. Journal of Economic Entomology, 1960, 53(5): 887-892.
- [14] DIONISIO A C, RATH S. Abamectin in Soils: Analytical Methods, Kinetics, Sorption and Dissipation [J]. Chemosphere, 2016, 151: 17-29.
- [15] BIAN Y L, WANG B N, LIU F M, et al. Residue Behaviour and Dietary Risk Assessment of Emamectin Benzoate in Mango under Field Condition Using Modified QuEChERS Method Combined with HPLC-MS/MS [J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2020, 100(3): 333-345.
- [16] SAEED R, ABBAS N, MEHMOOD Z. Emamectin Benzoate Resistance Risk Assessment in *Dysdercus coenigii*: Cross-Resistance and Inheritance Patterns [J]. Crop Protection, 2020, 130: 105069.
- [17] 王迪轩. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 [J]. 农业知识, 2020(22): 17-18.
- [18] 陈昊楠,张 喆,徐 翔,等. 多种药剂对草地贪夜蛾田间防治效果评价 [J]. 四川农业科技, 2020(1): 42-45.
- [19] 高庆远,杨石有,张贝贝. 甲维盐与四氯虫酰胺复配对草地贪夜蛾的室内生物活性及田间防效 [J]. 农药, 2021, 60(4): 306-309.
- [20] 刘 旭,姚晨涛,汪 岩,等. 氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的田间防效评价 [J]. 四川农业科技, 2020(9): 30-32.
- [21] WU M, LI G L, LI P F, et al. Assessing the Ecological Risk of Pesticides should not Ignore the Impact of Their Transformation Byproducts the Case of Chlorantraniliprole [J]. Journal of Hazardous Materials, 2021, 418: 126270.
- [22] PENG Y C, ZHAO J, SUN Y, et al. Insights into Chlorantraniliprole Resistance of *Chilo suppressalis*: Expression Profiles of ATP-Binding Cassette Transporter Genes in Strains Ranging from Low-to High-Level Resistance [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2021, 24(2): 224-231.
- [23] 王佳林,罗学良,李艳华,等. 氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾防效试验 [J]. 湖北植保, 2021(1): 22-23.
- [24] 胡 飞,苏贤岩,胡本进,等. 甲维盐·氯虫苯甲酰胺组合对草地贪夜蛾室内毒力测定及田间防治效果 [J]. 植物保护, 2020, 46(3): 303-307.